

095

天山托木尔峰地区 的冰川与气象



综合考察专集

天山托木尔峰地区 的冰川与气象

中国科学院登山科学考察队主编

新疆人民出版社

00202

内 容 简 介

这套《综合考察专集》，是中国科学院登山科学考察队于1977—1978年间在我国天山托木尔峰地区进行综合科学考察成果的总结。《专集》按地质与古生物、冰川与气象、自然地理和生物等四个分册出版。

本书系《冰川与气象》分册，共分五个部分。即：托木尔峰地区的第四纪冰川遗迹及冰期划分；现代冰川；冰川水文特征；辐射热平衡及水汽输送；天气气候特征。书中对在托木尔峰地区获得的冰川与气象资料进行了系统地分析，在学术上有新的发现并提出了新的见解，还在科学研究上填补了这一地区的空白。本书可供地质、地理、冰川、水文、气象等专业生产、科研人员和有关大专院校师生参考。

天山托木尔峰地区 的冰川与气象

中国科学院登山科学考察队主编

新疆人民出版社出版
(乌鲁木齐市解放路306号)

北京市印刷一厂排版 新疆新华印刷厂印刷

新疆新华书店发行

787×1092毫米 16开本 13.25印张 12插页 210千字

1985年3月第1版 1985年3月第1次印刷

印数：1—2,000

书号：13098·25 (假精装) 定价：3.30元

序

在我国众多的高山中，天山山脉是颇负盛名的。自古以来，天山的雄伟壮丽，使许多诗人、学者为之讴歌赞美，给后世留下了不少文学艺术珍品。然而，从自然科学研究的角度衡量，天山对于我们还是陌生的，它的许多方面尚待探索和认识。

1977年至1978年，中国科学院登山科学考察队对天山最高峰——托木尔峰(海拔7435.3米)的考察，是继珠穆朗玛峰、希夏邦马峰的考察以来，我国进行的第三次规模较大的高山综合科学考察。这次考察的范围，东起南、北木扎尔特河，西止托木尔冰川，南迄温宿县北的山麓，北抵特克斯河，面积达九千余平方公里。通过考察，不仅在科学研究上填补了这一地区的空白，而且对进一步认识天山山脉的形成、发展、演变，以及合理开发利用天山的自然资源，促进社会主义现代化建设方面，将产生深远的影响。这次科学考察的成果，曾荣获了中国科学院1979年度重大科学研究成果二等奖。

在我国历次高山综合科学考察中，天山托木尔峰地区的综合考察，具有以下几个突出的特点。

首先，托木尔峰地区考察，是我国高山考察中第一次进行的南、北两个坡面的全剖面考察，并认真进行了南、北垂直分带的研究，在大气、地质、冰川、生物、地理等专业和学科上，都获得了比较完整、系统地是十分宝贵的第一手资料。

第二，在托木尔峰地区综合科学考察中，十分重视人与生物圈的关系，较多地调查、收集了历史时期，特别是近代以来，在这一地区的人类社会活动和生产活动的有关材料，对阐明人类在大自然中的作用，以及合理开发利用高山地区的自然资源，都具有积极意义。从而，据此提出的一些设想和建议，都较密切地结合了当地生产实际，受到新疆维吾尔自治区人民政府的重视。这一考察成果，对于在我国开展山区生态系统的研究以及合理利用和保护自然资源方面，也必将起到促进作用。

第三，在托木尔峰地区的科学考察过程中，许多专业还有新的发现，提出了新的见解。例如，在冰川方面，发现了一套完整的冰期与间冰期沉积剖面，并发现了一个更古老的冰期——阿克布隆冰期的典型剖面，提出了托木尔峰地区第四纪至少可划分为四次冰期和三次间冰期，以及冰后期全新世的高温期和新冰期的新结论。在大气物理方面，获得了我国在高山地区少有的

第一手探空对比气象资料，并论述了托木尔峰以及天山山脉在大气中的“水库作用”。在地质方面，第一次用板块构造的观点，解释了南、北天山的地质构造现象，恢复了地质构造发展史，提出了板块构造模式，在同位素地质年代学的研究中，也取得了一批较为可靠的数据。在生物学方面，也有许多新记录、新发现，如动植物的栖息、分布和植物区系中的新记录，为证实托木尔峰的隆起在南北方向上起屏障作用，在东西方向上起桥梁作用的结论，提供了科学依据。

为了反映和介绍天山托木尔峰地区综合科学考察的成果，全队各专业科学研究人员经过认真的分析、研究和总结，撰写了六十余篇学术论文，并在此基础上经过综合整理撰写了一套《综合考察专集》。这套专集，包括《天山托木尔峰地区的地质与古生物》、《天山托木尔峰地区的冰川与气象》、《天山托木尔峰地区的自然地理》、《天山托木尔峰地区的生物》等四本著作，和一部图文并茂的科学考察画册——《托木尔峰科学考察》。

在托木尔峰地区进行科学考察和总结的过程中，不断得到新疆维吾尔自治区党委、人民政府、乌鲁木齐部队、自治区科委和中国科学院新疆分院的热情关怀，以及考察地区党、政、军、民的大力帮助。中国登山队的领导和运动员，为我们提供了各种工作条件，解决了许多具体困难，登山运动员桂桑、**王洪宝**、曾曙生、张江援、宋志义等同志，还给这次考察采集了托木尔峰特高海拔地区的岩石、生物标本和冰雪样品，为科学研究取得第一手资料作出了贡献。我国地学与生物学界的许多知名专家，如涂光炽、施雅风、吴征镒、俞德浚、陈世骧、孙鸿烈、穆恩之、卢衍豪、杨敬之、任美锷、叶笃正、陶诗言、郑作新、朱显谟、文焕然、黄盛璋、王云章、魏江春、黄瑞农等，都对这次科学考察十分重视，并作了许多具体指导。

托木尔峰登山科学考察工作，是由中国科学院自然资源综合考察委员会负责组织领导的。参加这项科学考察工作的有：中国科学院所属动物研究所、微生物研究所、大气物理研究所、贵阳地球化学研究所、南京古生物所、新疆生物土壤沙漠研究所、新疆地理研究所、以及北京自然博物馆、南京大学地理系、新疆气象局、新疆环境保护研究所、西北水土保持研究所、新华社新疆分社等单位。

《综合考察专集》是一套多学科的综合研究的成果；是托木尔峰地区重要的基础科学资料；也是全队科学工作者集体智慧的结晶。《专集》在撰写过程中，成立了由刘东生、程彤、夏训诚、苏珍、陈福明、陈绍煜、林永烈、高登义、彭补拙、王先业等十名同志组成的成果编审小组，在《专集》的审查和定稿过程中，他们付出了辛勤的劳动。

值此《专集》由新疆人民出版社出版之际，我们仅向参加这次托木尔峰科

学考察的各方面的专家、教授和所有关心这次考察工作的同志们，致以衷心的感谢！

中国科学院登山科学考察队

1981 年 3 月于北京

前 言

1977—1978年,中国科学院登山科学考察队对我国天山托木尔峰地区进行了多学科的综合考察。考察地区东起南、北木扎尔特河,西至托木尔冰川,南到温宿县以北的山麓地带,北至特克斯河,面积达九千多平方公里。经过艰辛的野外工作,取得了许多宝贵的资料。通过室内总结和研究,使我们有可能在本书中对托木尔峰地区的冰川与气象,提出若干新的见解:

1. 在古冰川方面:托木尔峰地区从第四纪以来,由于地壳运动和气候变化,曾经历过多次冰期与间冰期,古冰川遗迹非常丰富。根据冰川堆积与间冰期沉积物的相互关系,可划分出四次冰期与三次间冰期,以及冰后期全新世的高温期和新冰期。根据有代表性的木扎尔特河与台兰河的第四纪冰川遗迹地点,作为冰期划分的命名,冰期时代可能相当于欧洲阿尔卑斯的群智冰期、明德冰期、里斯冰期和玉木冰期。在第四纪各大冰期时,这里的冰川规模远较今日为大,不少冰川伸展到山麓地带,长达数十公里至百余公里以上,对新疆的自然环境有重大影响。

2. 在现代冰川方面:本区海拔高,气温低,雪线(3,900—4,500米)附近年平均温度为 -7°C — -11°C ,雪线以上年降水量在750—1,000毫米以上,发育在我国境内的现代冰川有509条,冰川面积2746.32平方公里。冰川分布相当集中,主要以大型山谷冰川为主。以往被称为土耳其斯坦型的山谷冰川,由于形态典型,并表现出许多独特的特征,我们将其更名为托木尔型山谷冰川。

按成冰作用、冰层温度、运动、积累、消融等物理特性分析,本区冰川属亚大陆性冰川。冰川的水化学类型单一,硬度一般在 $0.36\text{—}6.39\text{ m}\cdot\text{e}/\text{l}$ 之间,矿化度最高不超过 $0.2\text{ g}/\text{l}$,属软水,水质好。随海拔增高,冰川水的矿化度和总硬度逐渐降低。冰川水体中的氡含量,冰川冰一般在10 TU左右,而冰面新降雪多在300 TU左右,降雪氡含量随海拔升高而增加,托木尔峰顶为494 TU。自1973/1972年后,冰层剖面氡含量逐渐下降,1975/1974年开始趋于稳定。

从19世纪中期以来,本区现代冰川均处于退缩状态。据考察,这里长10公里以上的20条冰川中,有9条近年来仍在继续后退,但退缩速度逐渐减缓;另11条已趋稳定或开始前进状态,甚至还出现跃动性冰川。根据气象资料预测,估计今后本区冰川由后退转入稳定。

3. 在冰川水文方面:托峰地区每年有近50亿立方米的冰川融水补给河流。冰川融水对河流的补给比重,南坡河流占30—70.1%,北坡一般不到20%,并随流域冻结系数的增加而增加,随降水的增加而减少。冰川融水径流日变化相对较小;6—8月的径流量约占全年的71%,冬季不断;年平均流量多年变化 C_v 值为0.1左右。逐日、旬、月流量(Q)同相应的平均气温(t)之间关系密切。河道径流的变化基本具有冰川融水径流

的变化特点。

4. 在冰川气候方面：本地区海拔 3,200 米处，1978 年 6 月总辐射为 13.3 千卡/厘米²·月，7 月总辐射 15.0 千卡/厘米²·月。各种类型地表面的反射率变化不大，海拔 4,000 米观测得裸露冰面的反射率仅 0.23，显著小于一般冰川的数值，使冰川面的吸收辐射增大。7 月平均总辐射为 576 卡/厘米²·日，辐射平衡为 453 卡/厘米²·日，为冰川消融提供了充足的热量。

在冰面热量收入项总和中，辐射平衡平均占 59%，感热占 36%，凝结释热占 5%。与我国其它冰川观测结果相比，辐射平衡所占的比例较小，感热通量所占的比例较大。

托木尔峰地区上空比新疆其它地方 700—350 毫巴层的水汽含量和水汽输送量要多。6、7 月的比湿值可达 4 克/千克，6 月的水汽输送量为 845 克/厘米·秒，全年的水汽输送强度为每平方厘米剖面通过 15468 吨水汽。这是使本地区成为我国现代冰川最发育的地区的原因之一。

5. 在大气物理方面：首次取得了托木尔峰地区 40 天的每天 6 次探空和测风资料，南天山南、北同时对比的 60 次探空和测风资料；讨论了该区高空气象要素的日变化，分析了该区云的局地特点；发现了中间尺度系统、重力波动与中小尺度系统、转子垂直小环流与局地降水和灾害性天气的关系，初步讨论了它们的成因；提出了托木尔峰及天山山脉在大气中的水库作用，对冷空气的屏障作用以及对北支西风急流中心高度的作用等等。此外，根据该区天气气候特征分析，总结了攀登托木尔峰的气象条件和预告。

鉴于此次考察时间不长，上述认识仅是初步的，还有待今后做更多的工作和更深入的科学分析。文中错误之处，欢迎读者批评指正。

本书各部分由各有关专业同志负责总结，全书由苏珍、高登义统稿，袁远荣编辑。工作中，蒙施雅风、刘东生、陶诗言教授指导，另得到程彤、中国科学院兰州冰川冻土研究所冰川研究室、和中国科学院大气物理研究所许多同志帮助；书中插图分别由王银学、李玉芳、朱国存、张大平等同志清绘，在此统致谢意。

目 录

托木尔峰地区的第四纪冰川遗迹及冰期划分	(1)
一、托木尔峰地区第四纪冰川遗迹的分布	(1)
二、托木尔峰地区冰期划分综述	(23)
三、托木尔峰地区第四纪冰川演变历史	(25)
托木尔峰地区的现代冰川	(32)
一、冰川的发育条件数量分布及形态类型	(33)
二、冰川的物理特征	(43)
三、冰川水化学及冰体中的氟含量	(75)
四、冰川的进退变化	(85)
托木尔峰地区的冰川水文特征	(99)
一、冰川发育特征的水文意义	(99)
二、冰川消融产流量的时空分布	(102)
三、冰川融水对河流的补给作用	(106)
四、冰川融水径流特征及其对河道径流的影响	(109)
五、水资源的开发利用问题	(113)
托木尔峰地区的辐射热平衡及水汽输送	(120)
一、托木尔峰地区的辐射	(120)
二、托木尔峰地区冰川消融期热平衡特征	(130)
三、托木尔峰地区上空的水汽含量和水汽输送	(137)
托木尔峰地区的天气气候特征	(143)
一、托木尔峰地区气象要素的日变化及垂直分布	(143)
二、托木尔峰的云	(156)
三、托木尔峰地区的天气气候特征的分析与应用	(167)
四、托木尔峰地区中小尺度天气系统分析	(178)
五、托木尔峰地区中间尺度系统和重力波的初步研究	(189)
六、托木尔峰及天山山脉在大气中的某些作用	(208)

Contents

Quaternary Glacial Remains and the Determination of Glacial

Periods in Mt. Tuomuer District

1. Distribution of Quaternary Glacial Remains in Mt. Tuomuer District..... (1)
2. Determination of Glacial Periods in Mt. Tuomuer District..... (23)
3. History of Development of Quaternary Glaciers in Mt. Tuomuer District..... (25)

Modern Glaciers in Mt. Tuomuer District

1. Condition of Glacial Development, Distribution of Numbers and Types of Glaciers..... (33)
2. Physical Characteristics of Glaciers..... (43)
3. Chemistry of Glacial Meltwater and its Tritium Content..... (75)
4. Variations of Glacial Advance and Retreat..... (85)

Hydrological Characteristics of Glaciers in Mt. Tuomuer District

1. Hydrological Significance of Glacial Development..... (99)
2. Distribution of Runoff from Glacial Ablation in Time and Space..... (102)
3. Role of Nourishment from Glacial Meltwater to the Rivers..... (106)
4. Characteristics of Runoff from Glacial Meltwater and its Influence on the River Discharge..... (109)
5. Some Problems on the Development and Utilization of Water Resources..... (113)

Radiation Heat Balance and Water Vapour Transfer in Mt. Tuomuer District

1. Radiation in Mt. Tuomuer District..... (120)
2. Characteristics of Heat Balance in Glacial Ablation Period in Mt. Tuomuer District..... (130)
3. Content and Transfer of Water Vapour over Mt. Tuomuer District..... (137)

The characters of the weather and the climate on the region of Mount Tuomuer

1. The diurnal variation and the vertical distribution of the meteorological elements on the region of Mount Tuomuer..... (143)

2. The clouds over Mount Tuomuer.....	(156)
3. The analysis and use of the weather and climate on the region of Mount Tuomuer	(167)
4. The analysis of the meso-and micro-scale systems over the region of Mount Tuomuer	(178)
5. The original study on the middle scale systems and the gravitational waves over the region of Mount Tuomuer.....	(189)
6. Some effects on the atmosphere on Mount Tuomuer and the Tienshan Mountains	(208)

托木尔峰地区的 第四纪冰川遗迹及冰期划分*

托木尔峰地区从第四纪以来,由于地壳运动和气候变化,曾发生过多冰期与间冰期,留下了丰富的冰川作用遗迹。这些遗迹表明,冰期时该区的冰川规模远较今日为大,不少冰川伸展到山麓地带,长达数十公里至百余公里,这对新疆的自然环境以巨大影响。另外,丰富的冰川遗迹,也为我们研究该区第四纪冰川作用提供了依据。

早在公元 629 年,伟大的旅行家玄奘赴印度途经本区时,对一些冰川现象就有记载。他在《大唐西域记》中写到:“国(指跋禄迦国,今阿克苏)西北行,三百余里,度石碛,至凌(冰)山……”,这是我国也是世界上最早的古冰川记载。自二十世纪初 B·A 奥布鲁契夫^[1,2]、G·麦茨巴赫^[3,4]等提出天山冰期可分为二次至三次以来,中外学者相继注意到这个问题。解放以前,黄汲清对汗腾格里山汇南坡的台兰河谷更新世冰碛的研究^[5],最有助于我们了解该区冰川的演变历史。解放后,天山地区资源勘探、国防建设和科学考察广泛进行,有很多部门和科研单位对天山的古冰期次数、性质、规模及古气候的变迁等,都作过不少探讨。在已发表的文献中,以 B·A·费道洛维奇和严钦尚的有关天山冰期及其性质的著述影响最广^[6,7]。但迄今对托木尔峰地区冰川作用的记述非常分散,学者们对该区冰期的次数和对比,历次冰川的性质和规模的意见出入很大。这对天山第四纪地层的划分,山区的社会主义建设不利。我们要认真总结经验,把认识推向前进。

为此,我们在 1973—1974 年的天山冰川补点考察中,以及 1977—1978 年中国科学院组织的托木尔登山科学考察中,都对托木尔峰地区的第四纪古冰川遗迹进行了考察研究。现就以冰川遗迹保留最典型的南坡为例,对该区第四纪冰期划分问题进行讨论。

一、托木尔峰地区第四纪冰川遗迹的分布

托木尔峰地区不仅是天山最大的现代冰川作用中心,也是古冰川遗迹保存最完整的地方,尤其以托木尔峰地区南坡更为典型。

分布在托木尔峰地区南坡的各大河流,如木扎尔特河、台兰河、喀拉玉尔滚河、阿特奥依纳克河、以及托木尔河等,源头都分布着长大的树枝状的托木尔型山谷冰川;而

* 本文系中国科学院兰州冰川冻土研究所苏珍、郑本兴、施雅风和中国科学院新疆地理研究所王志超同志撰写。参加该区冰川地质地貌考察的还有刘东生(中国科学院地质研究所)、夏训诚(新疆生物土壤沙漠研究所)、车昫智(兰州大学)等同志。本文岩矿、孢粉资料,分别由金得莉、唐永仪、王睿、唐领余等同志分析鉴定在此一并致谢。

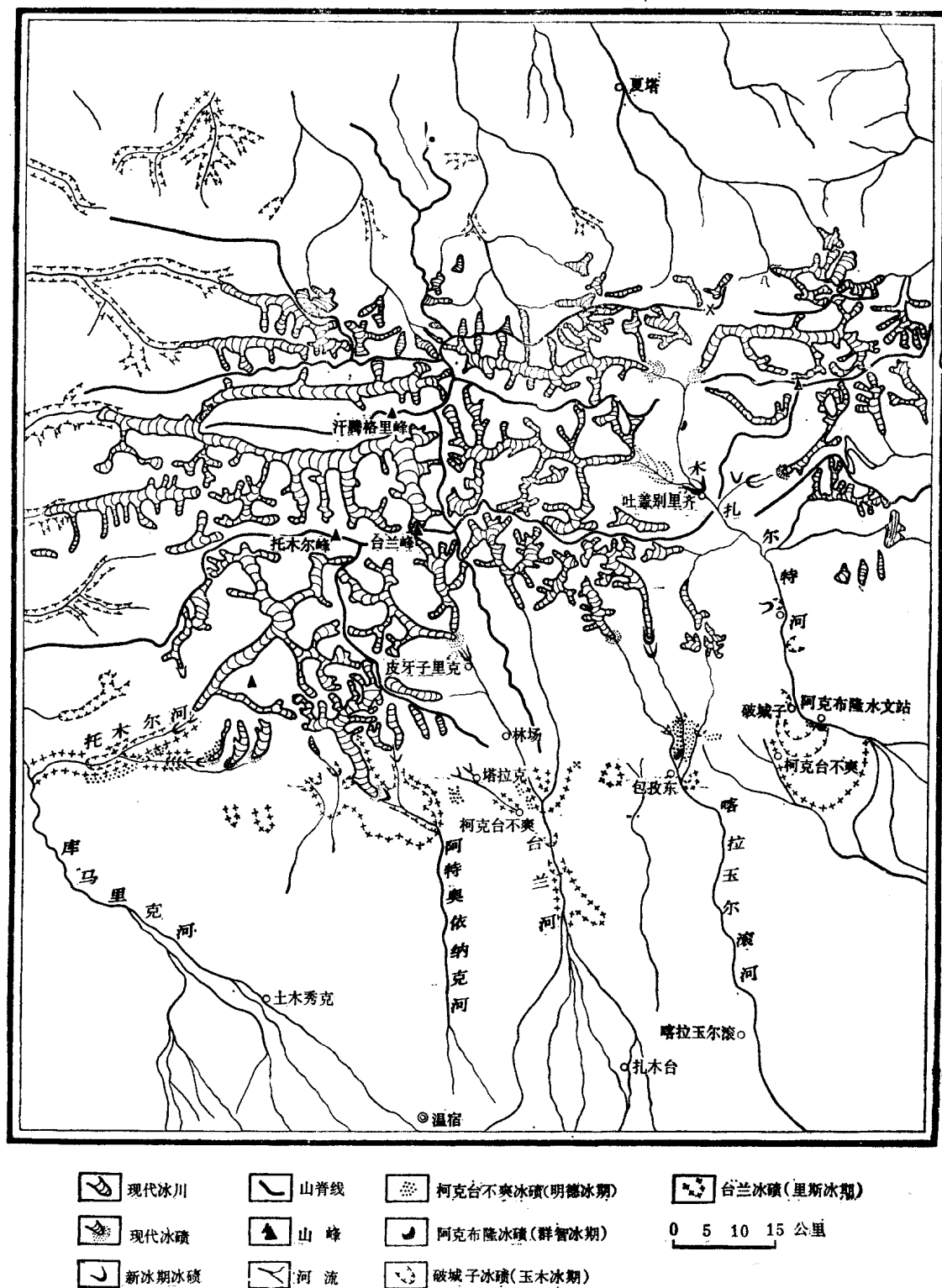


图 1 托木尔峰地区第四纪冰川沉积分布略图

在现代冰川以下的河谷中或谷地两侧的山坡,以及河口山麓带,都分布有丰富的古冰川遗迹(图1);特别是木扎尔特河与台兰河经过多人的考察研究,有关古冰川的记述也最为详细。下面按流域分别进行讨论。

(一) 木扎尔特河流域的第四纪冰川遗迹

木扎尔特河位于托木尔峰地区东部和哈雷克套山之间,除哈达木孜达坂以东的小段谷地为东西走向外,上游基本为南北向,河流出口进入拜城盆地,折向东流,是灌库车、新和、沙雅、拜城四县绿洲的重要河流。木扎尔特谷地过去是沟通南、北疆的要道,是通往中亚细亚的捷径,古代旅行家和近代科学工作者对这里的冰川作用记述较多。木扎尔特河上游是本区也是天山几条最大的现代冰川所在:木扎尔特冰川长29公里,末端海拔高度2,770米;喀拉古勒冰川长32公里,末端海拔高度2,795米;吐盖别里齐冰川长37.8公里,末端海拔高度2,752米。此外,还有许多较小的冰川分布。木扎尔特河谷是古代许多支冰川汇注的归宿,形成巨大的树枝状山谷冰川。从冰川槽谷的典型程度,终碛垅的规模和冰碛的完整性而言,它在我国西部堪居首位(图2)。

我们先叙述位于木扎尔特谷口平原上呈扇状展开的多列高大的弧形终碛垅^[1](照片1)。终碛范围南北延长7公里,东西最宽处7.5公里,由10列终碛组成,以宽达1—1.2公里的冰水沉积洼地为界,分为内外两组。外终碛组(破城子I)5列海拔1,860—1,940米,比高20—60米;内终碛组(破城子II)5列,海拔1,960—2,110米,比高40—100米。冰碛石成分有来自源头的大理岩,高、中山带的花岗岩、片麻岩以及距山口以上数公里的上石炭系砂岩、砾岩、片岩等。岩块直径一般1米左右,大者可达10—15米,整个冰碛层呈现灰色,覆盖在近于直立的中生代地层上,有时也可看到杂乱无章的冰碛层下的具有水平层次的圆卵石层。Б·А·费道洛维奇和严钦尚根据冰碛垅的最大高差估计冰碛层的厚度为300米^[6,7],但实际冰碛层下为起伏的基岩面,其厚度估计在100米以内较为接近实际。刘振中等^[8,9]及Е·И·谢里万诺夫^[10]将破城子终碛和欧洲阿尔卑斯的里斯冰期相比。我们根据终碛位置计算其形成时的雪线,较现代雪线下降值不到800米,再考虑终碛形态的完整性,认为将破城子终碛作为晚更新世玉木冰期的堆积更为合理,而内外两组终碛即破城子I、II代表着玉木冰期的两个堆积阶段。这一冰期最盛时,整个木扎尔特谷地及其支谷,都是一条巨大的宽尾山谷冰川,冰川长度96公里。

破城子终碛以外,在克孜勒布拉克地区有一片缓倾斜的侵蚀剥蚀平原。地面散布着半埋藏的冰碛巨砾,冰碛岩块露出地面部分多为风化剥蚀所破坏,地下埋藏部分则保存完好。大块冰碛砾块多为花岗岩块,砾径一般长达数米,最大的长达十多米。大量的冰碛岩块磨圆度差,与砂子、粘土混杂,少分选,说明它不是经过流水搬运的再沉积的冰碛层,而是古老的原生的冰碛层。Б·А·费道洛维奇和严钦尚称之为克孜勒布拉克冰碛,并将其向下游展布范围划在海拔1,750米高度上^[6]。据我们观测,冰碛层的分布范围还

1) 1958年中国科学院新疆综合考察队称为破城子终碛。

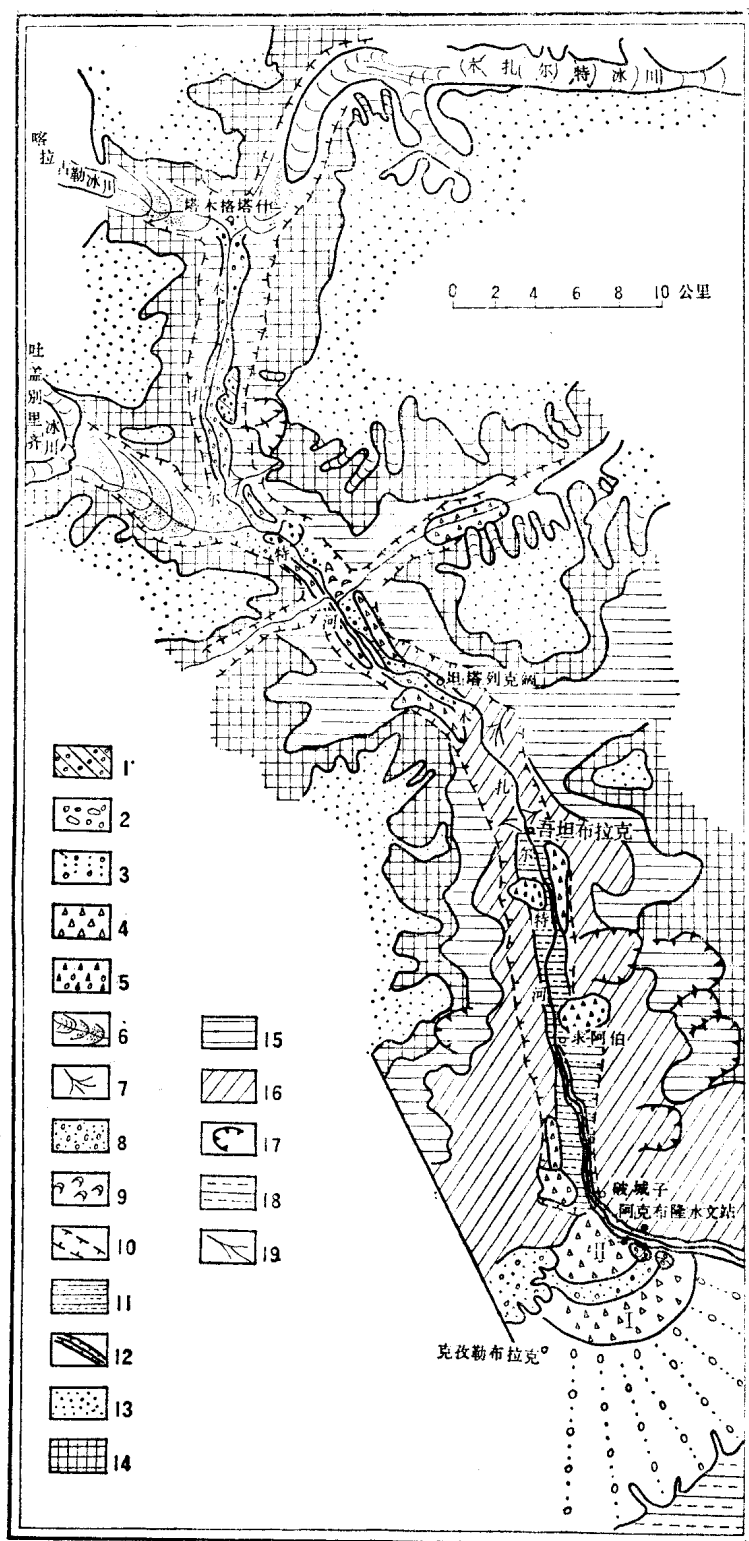


图 2 木扎尔特河谷冰川地貌图

1. 阿克布拉克冰碛；2. 煤矿冰碛；3. 克孜勒布拉克冰碛；4. 破城子冰碛；5. 吐盖别里齐冰碛；6. 冰舌末端 17~19 世纪冰碛；7. 洪积扇；8. 砾石河床；9. 砂丘；10. U 形槽谷；11. 河谷阶地；12. 深切峡谷；13. 永久积雪；14. 雪崩石流高山；15. 侵蚀与干燥剥蚀中山；16. 低山丘陵；17. 古冰斗；18. 冲积平原；19. 河流

要再低一些。G·麦茨巴赫在本世纪初(1902—1903年)经过此地时,认为冰川漂砾曾伸出山口外30公里,他本人曾在距山口39公里处找到花岗岩冰漂砾。他说这一覆盖冰碛形态和M·波格丹诺维奇所说的“库尔”(冰碛丘陵)地形有别,该冰碛物已经过剧烈的剥蚀、侵蚀和消散作用^[4]。B·A·费道洛维奇解释上述冰碛丘陵形态消失的原因,认为主要由于冰缘环境下的多年冻土层使地面下的冰碛岩块能完整保存,而地面上部分则为冻裂风化和冰雪融水冲刷所致^[6]。刘振中等还指出,破城子终碛与克孜勒布拉克冰碛层接触关系是“两者之间为一层流水相的砾石层,两种冰碛风化与胶结情况完全不同”^[9]。综上所述,克孜勒布拉克冰碛无疑是代表更早的一次冰期,我们认为它可能相当于里斯冰期。这期的冰川规模远大于破城子期,冰川长度在120公里左右。

B·A·费道洛维奇和严钦尚在破城子东南3公里河北岸的一阶地上1观察到了这两次冰期及间冰期的冰水砂砾层^[7]。该剖面我们未找见。但是,在破城子煤矿以下约50米的河南岸谷壁上,也找到了两处剖面,一处为冰碛与冰水互层,剖面完整,除证实这两次冰期存在外,还有更早的一次冰碛。另一剖面紧邻下方,为最早的冰碛物。

第一剖面(照片2、3) 高出河床约107米,下部为侏罗纪的砂岩、砾岩、页岩和煤层组成,高57米;其上为厚约50米的堆积物,根据堆积物的次序和接触关系,它可分为五层(图3)。为了与地面冰碛物对比方便,故自上而下叙述:

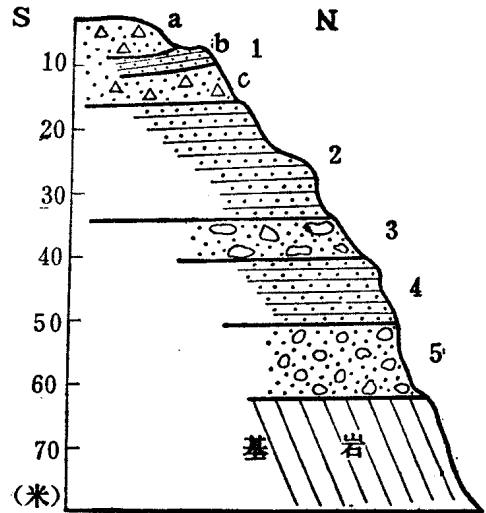


图3 木扎尔特河口破城子煤矿以下剖面

1. 破城子冰碛 厚20米。还可再细分为三层:上层冰碛物厚10米,为灰色岩块,有棱角,大小混杂无分选,在致密的白色大理岩上常常找见冰川擦痕,该层就是破城子II冰碛物;中层厚5—6米,是灰色的冰水沉积物,以泥沙为主夹少量石块,水平层次清楚,代表了冰期里一次气候和冰川波动中的流水堆积。破城子内外两组冰碛间的宽阔冰水洼地也可能是此时形成;下层冰碛物厚3—4米,岩性与剖面特征和上层一致,在大理岩冰碛上找到很多冰川擦痕,是破城子I即外冰碛物的残留,相当于外终碛堆积。

2. 冰水沉积物 厚16米,顶部为一侵蚀面,是厚25—30厘米的细砂层,该层后来受破城子I的压挤作用已产生表皮褶皱。向下约8米由水平层次的灰色砂层组成,偶夹有较大漂砾。最下7—8米是水平层次的灰色卵石、砂层堆积,卵石直径10—20厘米。最底下为厚30厘米的细砂层,又代表一次较早期的侵蚀面。这次侵蚀时间较长,使其下面老的冰碛物残留较薄。

3. 克孜勒布拉克冰碛 厚3—4米,呈灰白色,岩块大小混杂、无层次,并夹有粘土和砂,砾径最大者2—3米,冰川擦痕在大理岩、石英岩及光滑的砾岩面都可找见。冰

磧的细颗粒矿物成分与克孜勒布拉克地区冰磧细颗粒矿物相似。

4. 河流沉积物 厚8米,上部沉积物较细,为红粘土层,偶夹3—4厘米厚的灰砂层,红粘土层中也有4—5条黄色薄的锈层。下部厚3—4米,为砂砾层,砾径多在6—7厘米以下,都具有清楚的水平层次。

5. 煤矿冰磧 厚约8米,最厚处达12米,呈灰白色,块石大小混杂无层次,漂砾直径1米左右,大者2米。与上层接触处有一层厚约3厘米的红色砂层侵蚀面。下部覆于煤系地层的侵蚀面上,代表了一次较老的冰川堆积,称为煤矿冰磧。其时代可能属中更新世。这次冰磧展布下限不清楚,但是冰舌至少位于破城子煤矿附近,冰川长度约100公里。

从上述第一剖面可以看出,每个冰期与间冰期之间都有一层不厚的细砂层分隔,细砂层代表一次侵蚀期。侵蚀期过后接着为河流堆积期,开始时物质较粗大,说明河流水量大,搬运力强。向后变为砂层或粘土层沉积,说明冰川消融殆尽,水量变小,甚至排水不畅而产生铁锈层。在克孜勒布拉克-煤矿间冰期,气候较暖,气温较高,沉积了红色粘土层。该层分布普遍,是一个有代表性的沉积物。

剖面上各层所含的孢粉分析结果是:第1层是破城子冰磧,下层主要含禾本科花粉;第2层是间冰期沉积,上部孢粉主要以麻黄属等草本植物为主,并含有稀疏的云杉等乔木,下部主要是草本孢粉,代表间冰期冰水沉积环境;第3层为冰磧层,孢粉主要为草本植物,云杉含量6.5%,是克孜勒布拉克冰期沉积环境;第4层为间冰期沉积层,上部全为草本植物,中、下部主要含有云杉、松科乔木树种,表明气候由冷湿变干暖然后为暖湿,是一次大间冰期环境;第5层为冰川堆积,孢粉以麻黄、藜科草本为主,代表煤矿冰磧环境。

第二剖面 位于第一剖面之下40—60米处,是一套更老的冰磧(照片4)。剖面高出第一级河谷阶地50余米,可分为三层:上层数米是松散的破城子冰磧物;中层厚约15米,冰磧物大小混杂,无分选,漂砾大者2米以上,以花岗岩为主,次为砾岩及大理岩,钙质胶结坚硬,是典型的冰磧岩;下层厚35米,略呈苍棕色的胶结层,为山麓洪积堆积物。中层和下层的接触关系是假整合。这两层均受到构造运动的影响,倾角 18° ,倾向西南,向下倾角逐渐变缓。当时冰川规模比破城子冰期的要大,冰川末端至少在山口外的阿克布隆附近,冰川长近100公里,故称阿克布隆冰期。另外,在木扎尔特现代冰川下方约10公里、海拔2,510米的左侧谷坡上,分布着长2.3公里、宽1公里的同期冰磧岩,冰磧岩高出河床200—300米。冰磧物中部被一条洪水沟切开,形成深约20米的峡谷,冰磧剖面清楚,岩块大小混杂,无层次,钙质胶结坚硬。以花岗岩、大理岩为多。岩层由东向西倾,倾角略大于山口的冰磧岩。根据地层层位,冰磧物的胶结程度,和受到构造运动的深刻影响等综合分析,这次冰磧物的时代应属早更新世。

这两剖面所以能保留下来未被侵蚀掉,是与它们的前方有高起的基岩保护有关,冰磧每次都受到了侵蚀,但未能扫尽。第二剖面的上方是侏罗纪厚层砾岩,岩性坚硬,突出更高,因而受到后来历次古冰川的推挤力,使砾岩的最上部被推裂,产生了许多缝隙。

这几期的冰磧物岩性基本上都一致,所不同的是这次以某种或某几种岩性为主,而